Pittieria 34 (2010): 73-87

VARIABILIDAD DE CARACTERÍSTICAS DE LAS FIBRAS DE *GMELINA ARBOREA* (VERBENACEAE) EN PLANTACIONES DE NUEVE AÑOS (PORTUGUESA, VENEZUELA).

Variability of fibers features in *Gmelina arborea* (Verbenaceae) from plantations of nine years (Portuguesa, Venezuela)

Daniel L. Calderón M [1], Argenis Mora, [2] Antonio V .Aguilera D.[1]

[1]Departamento de Tecnología de Productos Forestales. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. calderond@ula.ve. aguileraa@ula.ve

[2]Departamento de Manejo de Bosques. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. amora@ula.ve

Resumen

Se investigó la variabilidad en sentido longitudinal y transversal de características de las fibras (longitud, diámetro total, diámetro de lumen) de *Gmelina arborea*. Se estudiaron seis individuos colectados aleatoriamente en plantaciones de nueve años de edad de la empresa Smurfit–Kappa Cartón de Venezuela en el estado Portuguesa. Se evaluaron cinco niveles de altura (basal, 2 m, 4 m, 6 m, 8 m) y tres posiciones en sentido radial (adyacencias de la médula, ½ del radio de la sección transversal, regiones próximas al cambium vascular), se encontró en todos los casos un alto nivel de variación; se ajustó una ecuación de regresión lineal para cada variable, con R^2 superiores a 0,90. La longitud de fibras aumentó desde las adyacencias de la médula hacia la zona cambial y disminuyó con el nivel de altura. Diámetros total y del lumen dismuyeron con la altura y proximidad al cambium vascular.

Palabras claves: variabilidad longitudinal, variabilidad radial, longitud de fibras, diámetro de fibras, diámetro del lumen.

Abstract

Longitudinal and transverse variability of fibers features (length, outer and inner diameter) of *Gmelina arborea* were studied on six individuals randomly collected from Smurfit-Kappa Cartón de Venezuela plantations at State Portuguesa. These were measured at five height levels (base, 2 m, 4 m, 6 m, 8 m) and three radial zones (next-to-pith, ½ cross-section radius length, close-to-cambium). High variations were found in each case; a linear regression equation was set for each variable; R^2 values higher than 0,90. Fibers length increased from the next-to-pith zone towards the cambial zone and decreased along tree height. Outer and inner diameters decreased with height and proximity to cambium.

Keywords: longitudinal variability, radial variability, fiber length, fiber diameter, lumen diameter.

Recibido: 18/10/2010 - Aceptado: 03/12/2010

Introducción

La especie *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm. pertenece a la familia Verbenaceae y es originaria de India, Burma y Vietnam. Ha sido introducida a través de plantaciones en diferentes países de la región tropical y se caracteriza por ser una especie de rápido crecimiento, con una amplia gama de campos de utilización y facilidad en cuanto a trabajabilidad (Chudnoff 1984).

SEFORVEN (1992) indica que en Venezuela, hasta principios de la década de los noventa, se tenían aproximadamente 5.000 ha plantadas con *G. arborea,* en los llanos occidentales del país, principalmente en las reservas forestales de Caparo y Ticoporo. En los últimos años, la empresa SMURFIT - KAPPA ha establecido plantaciones en el estado Portuguesa con el fin de utilizarla como fuente de materia prima en la producción de papel. González *et al.* (2004) mencionan que la superficie plantada en el país con ésta asciende a 10.000 ha. Esta especie ha sido plantada en países de clima tropical debido a su alta tasa de crecimiento, resistencia al ataque de plagas y enfermedades y los cortos ciclos de rotación (Moya 2005).

Las diferencias anatómicas de la madera, específicamente longitud de fibras y espesor de pared, son aspectos importantes en la industria de pulpa y papel ya que definen la calidad y propiedad del producto final. Las células especializadas en el xilema pueden variar según factores ambientales u otros como los inducidos por el hombre (manejo silvicultural, mejoramiento genético). Escribir de variabilidad de la madera es referimos a las diferencias que existen entre células especializadas dentro de un árbol y entre árboles de una misma especie, que se modifican en busca de la adaptación (Zobel & Buijtenen 1989). La variabilidad dentro de una misma especie es poco evidente o sutil y por tal motivo menos fácil de descubrir (Arroyo 2003).

Muchos autores han reportado valores de longitudes de fibras en *Gmelina arborea*; en material procedente de Brasil se menciona rango de 0,72-1,73 mm (IPT 1981); en plantaciones de Costa Rica se indican valores de 0,94-1,59 mm (Moya & Tomazello 2007; Moya 2005). En Venezuela, Falcón & Suárez (1990) reportaron valores de 0,85-1,56 mm; mientras que González & Ramos (1996) indican valores de 0,94-1,15 mm. En Nigeria, Akachuku & Burley (1979) reportaron valores de 1,08-1,47 mm. El grado de variación que se presenta dentro de un mismo árbol es un elemento importante no sólo desde el punto de vista anatómico sino que de acuerdo a su magnitud puede ejercer un papel importante en aspectos relacionados con la tecnología de la madera, una referencia importante es el coarseness, definido por Díaz *et al.* (2007) como el peso por unidad de largo de las traqueidas, tiene una estrecha relación con la densidad de la madera y es un muy buen índice para predecir las propiedades de las pulpas. Zobel & Buijtenen (1989), señalan que la variabilidad de la madera es un inconveniente en la eficiencia del uso de la madera, es por esto que es de gran importancia estudiar estas variaciones.

Según León (2005), la especie *G. arborea* se encuentra ubicada dentro de un grupo taxonómico bastante heterogéneo, desde el punto de vista de anatomía de la madera,

por lo que es de vital importancia realizar estudios de variabilidad de elementos xilemáticos. En Venezuela son pocos los trabajos sobre estructura de la madera que se han realizado en *G. arborea,* los más reciente son los presentado por León (2005) donde reportó el desarrollo de cavidades intrusivas en fibras y parénquima. León & Quintero (2007), presentaron un trabajo de variabilidad de los vasos en esta especie proveniente de plantaciones.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar el patrón de variación de las fibras, en sentido radial y longitudinal al eje del árbol, para *G. arborea* de nueve años de edad procedente de plantaciones venezolanas.

Materiales y métodos

Se evaluaron seis individuos provenientes de plantaciones en la Finca La Yaguara, estado Portuguesa, pertenecientes a la empresa Smurfit-Kappa Cartón de Venezuela. El área de estudio se encuentra en la jurisdicción del Municipio Ospino, estado Portuguesa; entre las coordenadas 09º 10´ y 09º 28´ de latitud Norte y 69º 20´ y 69º 25´ de longitud Oeste. Los datos climatológicos indican una precipitación de 1400 mm/año, temperatura media anual de 25,8 ºC, una evaporación de 1567 mm/año y una humedad relativa promedio anual de 68%. Los suelos son de textura variable y van desde franco arenosos hasta arcilloso-limosos, con una permeabilidad de lenta a moderada y buena retención de humedad durante casi todo el año. El promedio de elevación de esta finca oscila entre 150 y 600 msnm, presentando una topografía plana en casi toda su extensión, con ligeras elevaciones y depresiones (León & Quintero 2007). La plantación de *G. arborea,* objeto de estudio fue establecida en 1995 y para el momento de tumba contaba con nueve años de edad. Fue establecida con un distanciamiento 3 x 3 m sin aplicar ningún tratamiento silvicultural. Los árboles fueron marcados cada dos metros desde su base, posteriormente se cortaron discos en la base, 2, 4, 6 y 8 m de longitud (Figura 1). De cada sección transversal se tomaron muestras en las siguientes posiciones: adyacencias de médula (a), ½ del radio más largo en la sección transversal (b) y las adyacencias del cambium vascular (c) (Figura 1). La metodología utilizada para preparar el macerado es la expuesta por León (2009) y se evaluaron 50 fibras en cada muestra, los criterios de medición son los establecidos por la IAWA Commitee (1989). Para cada fibra se determinó la longitud (L), diámetro total (D) y diámetro del lumen (d) (Figura 2).

En este estudio se realizó la estadística descriptiva (media y desviación estándar), para cada variable estudiada. Se realizaron matrices de correlación y varianza-covarianza, adicionalmente se realizaron análisis de varianza (ANOVA) para evaluar las diferencias dentro del árbol, para cada variable se ajustó un modelo de regresión lineal. Todos los análisis fueron realizados utilizando el software libre R (R Development Core Team 2010).

Resultados y análisis

Los valores de media y desviación estándar de longitud de fibras (Cuadro1), según su posición en sentido longitudinal

y transversal, arrojaron un rango de 0,90-1,31 mm con un coeficiente de variación que osciló entre 8,4 y 20 %. Estos valores coinciden con los rangos reportados por Moya & Tomazello (2007), Moya (2005), González & Ramos (1996), Falcón & Suárez (1990), IPT (1981) y Akachuku & Burley (1979). Se puede observar una clara tendencia a un aumento de la longitud a medida que se avanza desde las cercanías de la médula hacia las adyacencias del cambium vascular, similar a la de la mayoría de latifoliadas (Figura 3), incluyendo lo reportado por Moya (2005) con material de *G. arborea* proveniente de plantaciones en Costa Rica.

El aumento de longitud se mantiene hasta un punto el cual va a variar con el nivel de altura del árbol (2 m), posteriormente la longitud de las fibras tiende a mantenerse constante o se reduce con relación al valor alcanzado en el punto máximo (Figura 3). Analizando la estadística descriptiva, a medida que aumenta el nivel de altura del tallo, el aumento de longitud promedio de las fibras se produce con mayor evidencia en las adyacencias del cambium vascular (Cuadro 1), esto coincide con lo reportado por León & Espinoza (1998) para *Cordia thaisiana*. La tendencia de la posición adyacente a la médula en sentido longitudinal se inclina a un incremento

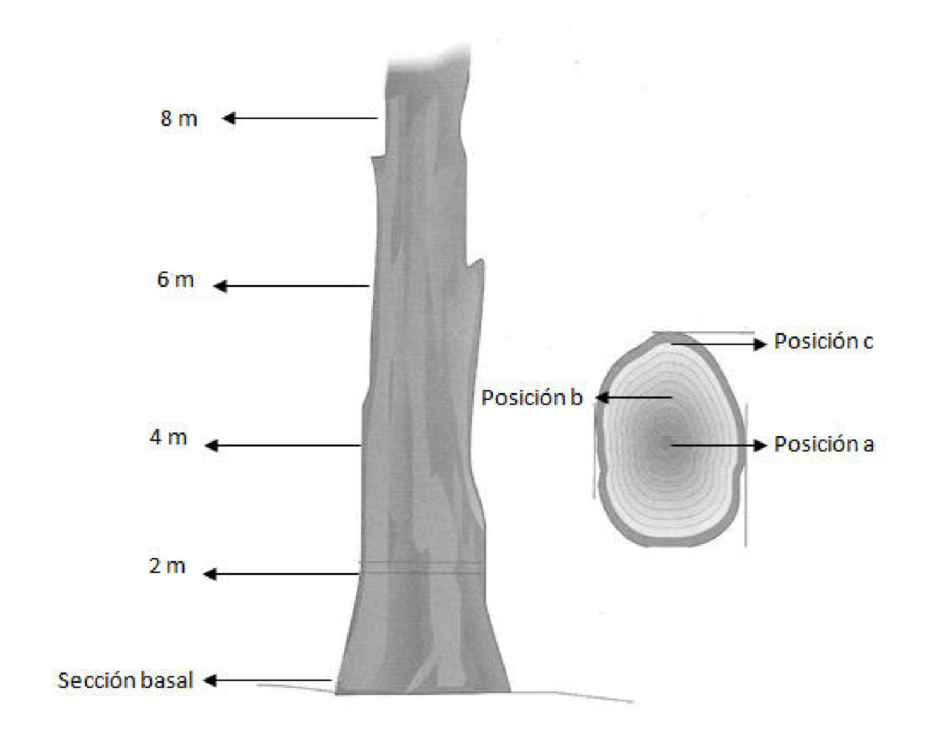


Figura 1. Toma de muestras en sentido longitudinal y en cada sección transversal del árbol.

Cuadro 1. Media y desviación estándar de longitud de fibras, según su posición en sentido longitudinal y transversal.

Altura/posición	Longitud de fibras (mm)		
m	Adyacencias de médula	½ del radio	Adyacencias del cambium
0	0,90 ± 0,16	1,15 ± 0,14	1,30 ± 0,11
2	1,02 ± 0,21	1,22 ± 0,12	1,31 ± 0,16
4	1,02 ± 0,12	1,15 ± 0,10	1,24 ± 0,13
6	1,08 ± 0,15	1,13 ± 0,19	1,26 ± 0,11
8	0,97± 0,21	1,22 ± 0,11	1,24 ± 0,12

sostenido en la longitud hasta los 6 m, posteriormente en la sección tomada a 8 m hay un decrecimiento en esta magnitud que arroja valores cercanos a los observados en la sección correspondiente a 2 m (Cuadro 1), esto coincide con lo expresado por León & Espinoza (1999), Wilkens (1988) y Détienne & Paquis, (1989) en otras latifoliadas. En el punto correspondiente a ½ de la sección transversal, se observó un aumento hasta los 2 m y posteriormente, se reduce la longitud hasta los 6 m, para así aumentar de nuevo a los 8 m (Cuadro 1). En las cercanías al cambium vascular, se puede identificar un ascenso similar al de la posición intermedia para luego aumentar gradualmente hasta los 6 m. La tendencia de incremento se mantiene hasta los 6 m, sección a partir de la cual la longitud de las fibras se mantiene constante (Cuadro 1).

En sentido radial se reporta un incremento continuo de la longitud de las fibras a través de toda la sección siendo lo esperado, esto ocurre a todos los niveles de altura evaluados.

El comportamiento de diámetros de fibras (Figura 4) y de lumen (Figura 5) es muy homogéneo, esto permite inferir que los espesores de pared son bastante constantes (Cuadro 2, 3). En sentido radial hay una tendencia creciente del diámetro a medida que nos alejamos de la médula y nos acercamos a la adyacencia del cambium vascular para la altura basal. En este punto hay un comportamiento similar al reportado por Moya (2005) para la misma especia a 1,30 m. Para las alturas 2 y 8 m, hay una disminución desde las adyacencias de médula hacia el punto medio de la sección transversal y luego un incremento hacia las adyacencias del cambium vascular; caso contario para las alturas 4 y 6 m, donde se produce una leve disminución desde la médula hacia el punto medio de la sección transversal para luego aumentar hacia las adyacencias del cambium y alcanzar

Cuadro 2. Media y desviación estándar para el diámetro mayor de fibras, según su posición en sentido longitudinal y transversal.

Altura/posición	Diámetro total de fibras (µm)		
m	Adyacencias de médula	½ del radio	Adyacencias del cambium
0	23,20 ± 4,41	24,78 ± 6,08	28,54 ± 5,18
2	27,78 ± 4,78	26,39 ± 4,43	26,85 ± 5,17
4	26,92 ± 5,32	27,22 ± 5,32	26,54 ± 5,20
6	25,55 ± 4,84	26,6 ± 4,84	25,53 ± 4,70
8	23,75 ± 5,01	21,68 ± 5,01	23,08 ± 4,33

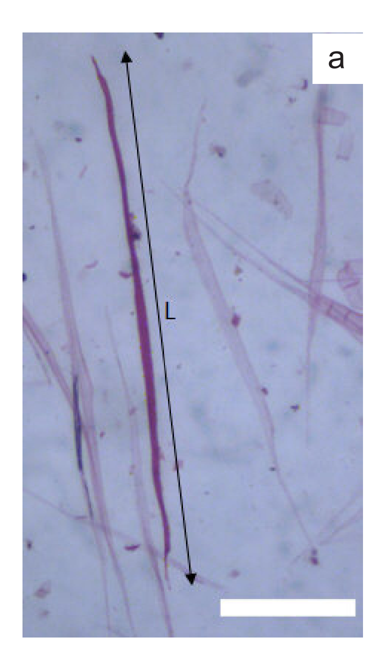
Cuadro 3. Media y desviación estándar para el diámetro de lumen según su posición en sentido longitudinal y transversal.

Altura/posición	Diámetro del lumen (µm)		
m	Adyacencias de médula	½ del radio	Adyacencias del cambium
0	16,33 ± 4,42	18,10 ± 6,00	22,13 ± 5,32
2	21,16 ± 4,88	19,52 ± 4,46	19,88 ± 5,10
4	19,90 ± 4,69	20,21 ± 5,26	19,55 ± 5,04
6	18,71 ± 4,72	19,66 ± 4,84	18,57 ± 4,68
8	16,8 ± 3,94	15,28 ± 4,31	16,14 ± 4,24

valores muy similares a los del punto inicial, esta misma tendencia se mantiene para diámetro de lumen (Cuadro 3, Figura 5).

El análisis de varianza indica que entre alturas hay diferencias altamente significativas, lo mismo para las posiciones en sentido transversal y sus interacciones, esto se puede afirmar con un nivel de confianza del 99 % (Cuadro 4).

Para cada variable se logró el ajuste de los modelos de regresión de una línea recta entre las alturas evaluadas. Para longitud de fibras se logró ajustar una línea con R^2 de 0,98. La figura 6 indica el comportamiento de variabilidad de longitud de fibras en



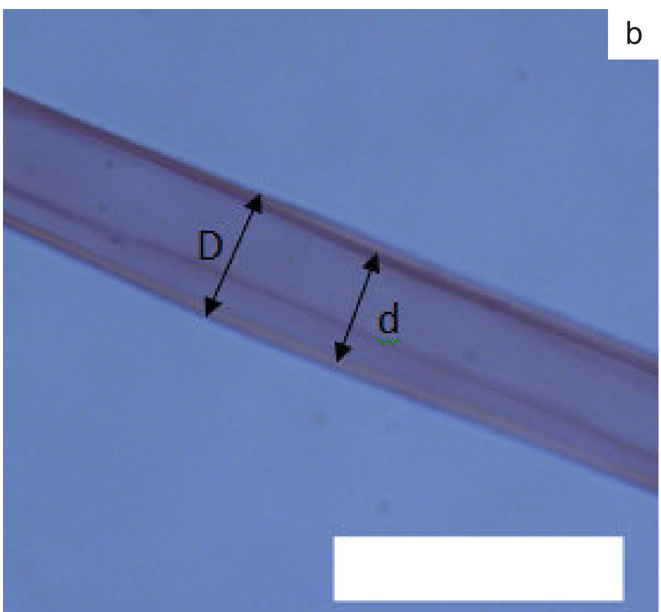


Figura 2. (a)Longitud de fibras (Barra = 300 μm). (b)Diámetro total: D; diámetro del lumen : d (Barra = 50 μm).

sentido radial y longitudinal.

Con respecto a la longitud de fibras se observa una variabilidad altamente significativa entre alturas y posiciones en sentido radial, coincidiendo con lo reportado para diferentes latifoliadas tropicales tales como *Hyeronima alchorneoides* y *Vochysia guatemaltensis* (Butterfield *et al.* 1993); *Aspidosperma quebracho-blanco* (Moglia & López 2001), *Eucalyptus grandis* y *E. urophylla* (Quilho *et al.* 2006); *Tectona grandis* (Moya *et al.* 2009). La posición adyacente a la médula arrojó un leve aumento en longitud a medida que aumenta el nivel de altura. En el caso de la posición intermedia, se observa que en sentido longitudinal no hay diferencias significativas. En el punto cercano al cambium vascular se observan diferencias altamente significativas en sentido longitudinal y se genera una disminución de la longitud a medida que aumenta la altura, esto coincide con lo reportado por Giménez & López (2002) en la especie *Schinopsis quebracho–colorado*. En cuanto a los diámetros de fibras (Cuadro 5) y lúmenes (Cuadro 6) se encontró que existen diferencias altamente significativas entre alturas y en sentido transversal, así como para sus interacciones. Para el diámetro total se logró ajustar el modelo con un R^2 de 0,96 (Figura 7), donde se muestran los coeficientes en ambos sentidos, demostrando que hay diferencias significativas en sentido radial y longitudinal. En las adyacencias de la médula no se encontraron diferencias significativas desde el punto de vista estadístico (α=0,01). El resto de las posiciones reflejan una alta variabilidad

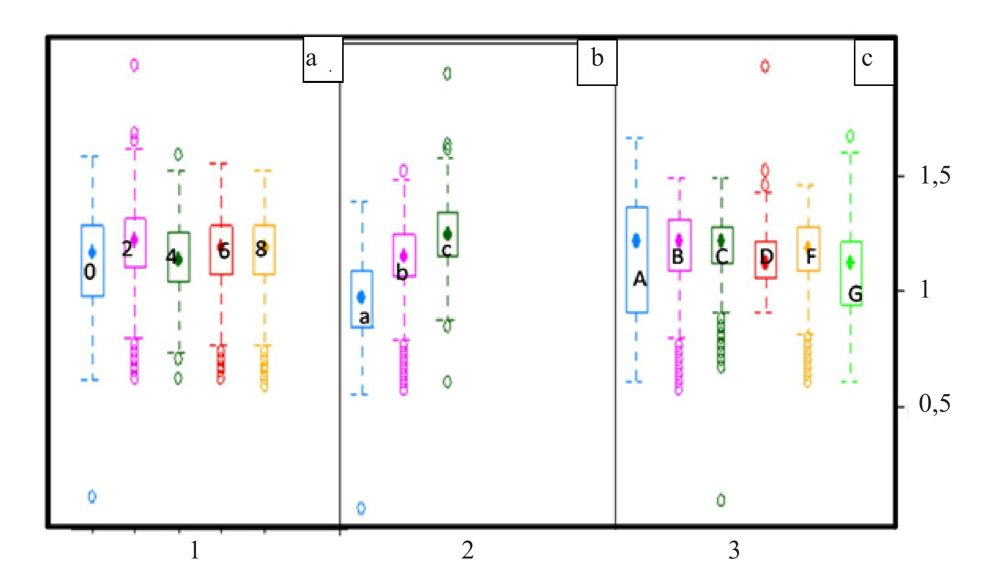


Figura 3: (a)Longitud de fibras (mm) a diferentes niveles de altura, (b)en los tres puntos de la sección transversal y (c)en los seis individuos estudiados de *Gmelina arborea.*

Cuadro 4. Análisis de varianza (ANOVA) para longitud de fibras.

	g.l.	n	F	p
Factor (altura. fuste)	4	4480	28,175	< 0,001
Posición	2	4480	1418,874	< 0,001
Factor (altura. Fuste): Posición	8	4480	40,987	< 0,001

Cuadro 5. Análisis de varianza (ANOVA) para diámetro total de fibra.

	g.l.	n	F	p
Factor (altura. fuste)	4	4480	117,2865	< 0,0001
Posición	2	4480	12,0061	< 0,0001
Factor (altura. Fuste): Posición	8	4480	30,0936	< 0,0001

Cuadro 6. Análisis de varianza ANOVA para diámetro lumen.

	g.l.	n	F	p
Factor (altura. fuste)	4	4480	112,0919	< 0,0001
Posición	2	4480	11,2375	< 0,0001
Factor (altura. fuste): Posición	8	4480	34,7764	< 0,0001

obteniéndose una tendencia al decrecimiento de los diámetros estudiados a medida que aumenta el nivel de altura, a los 3 m se puede observar una intersección en el diámetro total de las fibras entre las posiciones adyacencias de la médula y punto medio de la sección transversal, estas se mantiene homogéneas aproximadamente hasta los 4,5 m donde el punto medio pasa a ser inferior al diámetro observado en el punto inicial. En el caso del diámetro en las cercanías al cambium vascular, se genera un decrecimiento que intercepta los valores adyacentes a la médula a los 5 m y culmina a los 6 m con los valores inferiores de diámetro. Esta misma tendencia la podemos para el diámetro de lumen (Cuadro 6; Figura 8) arrojando una disminución del diámetro para las cercanías hacia el cambium vascular; se genera una intersección con los puntos intermedio e inicial cerca los 6 m y posteriormente, en 8 m, se encuentran los menores valores de diámetros para este punto, encontrándose los mayores en la zona basal (Figura 8). Para las adyacencias de la médula, se mantienen valores constantes entre alturas, mientras que en el punto medio y adyacencias del cambium, se observó una tendencia de disminución de los diámetros estudiados. Esto indica que hay una homogeneidad de espesores de pared en sentido transversal y longitudinal (Figura 8), esto coincide con lo reportado por Moya *et al.* (2009), para *Tectona grandis* donde el espesor de la pared celular y diámetro de lumen, a 1,3

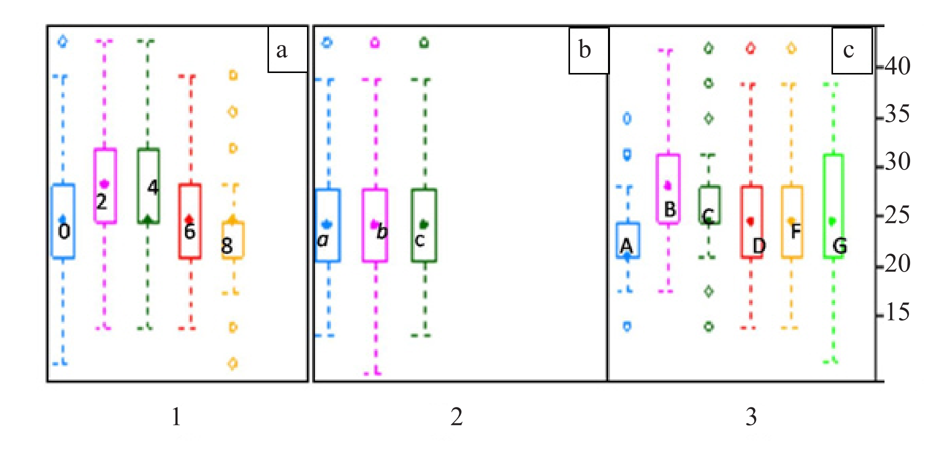


Figura 4: (a)Medias de diámetro de fibras (μm) a diferentes niveles de altura, (b)en los tres puntos de la sección transversal y (c)en los seis individuos estudiados de *Gmelina arborea.*

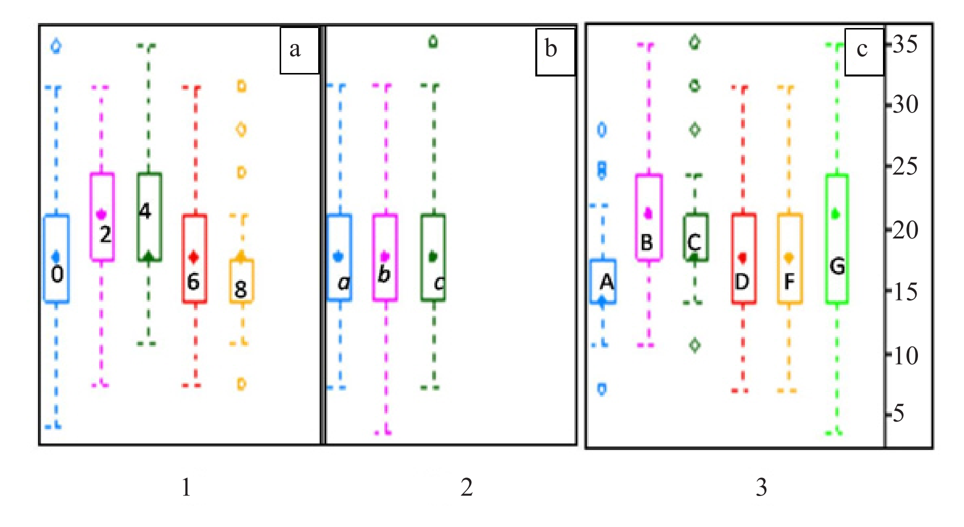


Figura 5: (a)Medias de diámetro de lumen (μm) a diferentes niveles de altura, (b)en los tres puntos de la sección transversal y (c)en los seis individuos estudiados de *Gmelina arborea.*

m de altura, hasta la edad de ocho años no muestra diferencias en las condiciones muestreadas.

Baillares *et al.* (s/f) indica que una primera fuente de variabilidad intra-árbol es el pasaje progresivo de madera joven a madera adulta: las propiedades de la madera varían de corazón a corteza y de alturas inferiores a superiores, a causa del envejecimiento. Este elemento se debe tomar en consideración para el procesamiento de la madera debido a los efectos que ejerce la madera juvenil sobre los índices de vocación. Las intersecciones (Figura 7, 8) podrían indicar presencia de madera juvenil, aún cuando en esta especie no se conocen reportes, aun así esto podría explicarse con lo expresado por Wilkens (1988) quien indica que las variaciones en la anatomía del leño en sentido longitudinal son menos consistentes que las observadas en dirección radial. Una posible razón es que al estudiar la variación longitudinal se pueden incluir porciones que en la parte basal correspondan a madera adulta y los discos superiores pueden ser de madera juvenil.

Conclusiones.

Para longitudes de fibras se encontraron valores heterogéneos, observándose una clara tendencia de un incremento hasta los 2 m de altura y luego una progresiva disminución. Entre individuos se pudo determinar una constante variación en el patrón de comportamiento después de los 2 m, en algunos casos oscilando y en otros manteniendo una tendencia progresiva a la disminución de longitud. Aún así se logró ajustar una regresión lineal con un R^2 de 0,98 donde se establece una tendencia progresiva a la disminución de longitud de

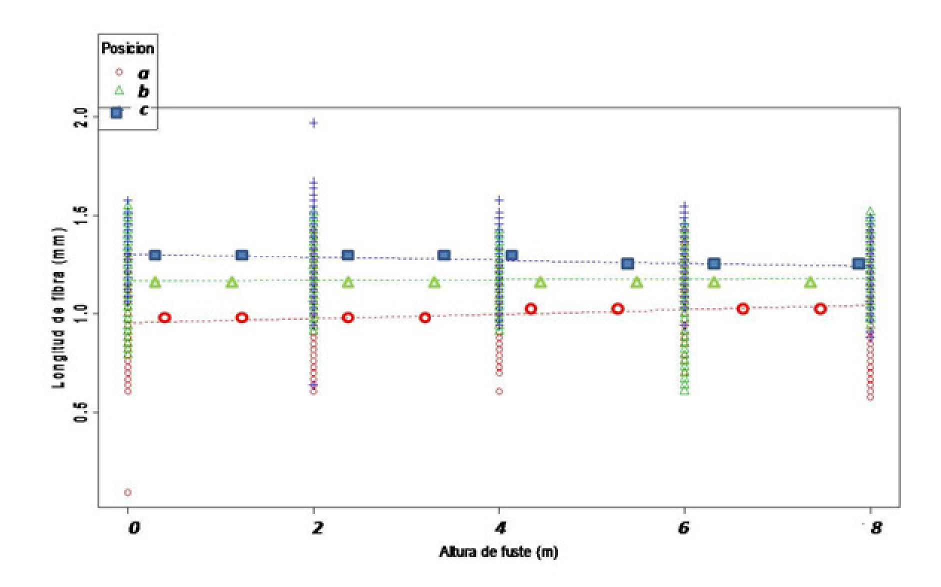


Figura 6: Modelo de regresión lineal ajustado para longitudes de fibras.

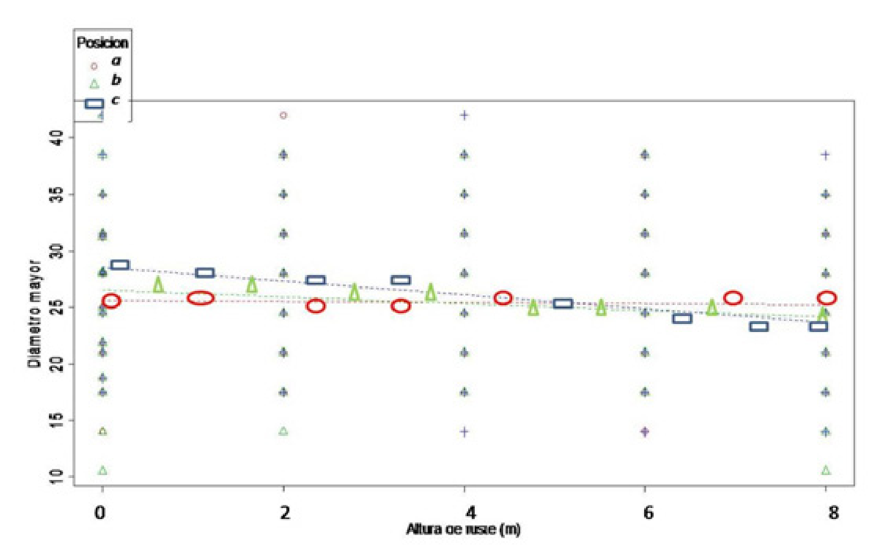


Figura 7: Modelo de regresión lineal ajustado para diámetro mayor de fibras.

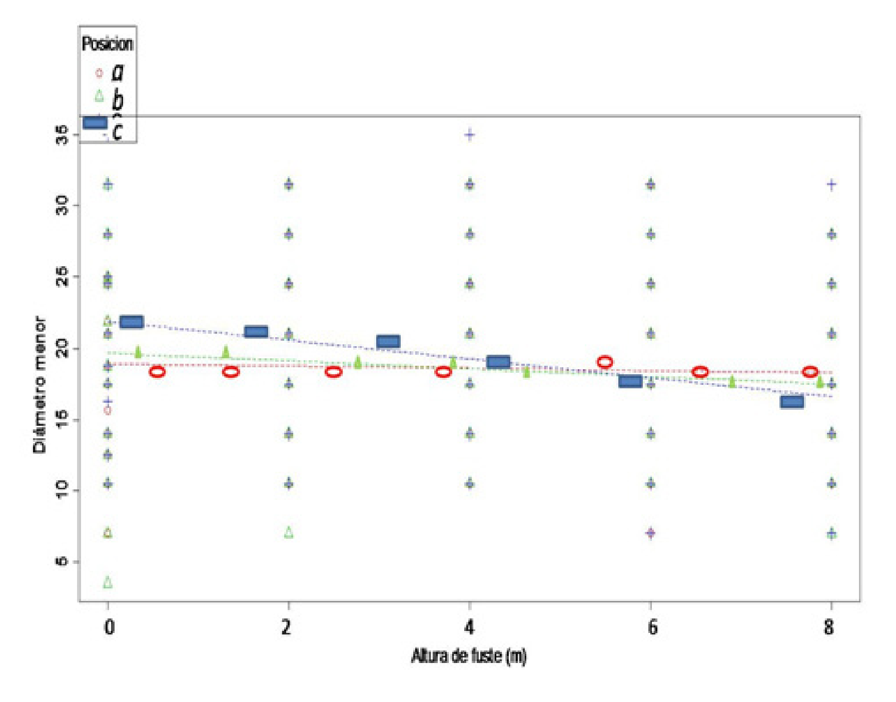


Figura 8: Modelo de regresión lineal ajustado para diámetro de lumen.

fibras a medida que aumenta la altura del individuo. En sentido radial se encontró que hay una marcada heterogeneidad entre los valores, sin embargo la tendencia en este caso es muy homogénea donde se aumenta en longitud a medida que nos acercamos al cambium vascular. A medida que aumenta el nivel de altura, los puntos intermedio y cercano al cambium tienden a acercarse en sus magnitudes mientras que las fibras de las adyacencias a la médula mantienen una variación leve. En el modelo ajustado se encontró que las fibras en el punto intermedio se mantienen con valores constantes mientras que las fibras cercanas a la médula tienden a un leve aumento a medida que incrementa la altura y las cercanas al cambium tienden a disminuir a medida que aumenta la altura.

El diámetro de lumen, según el modelo ajustado con R^2 de 0,93, arrojó una tendencia a la disminución hacia las cercanías del cambium.

Para diámetro total de fibras se encontró que no hay variaciones significativas entre alturas en las adyacencias de la médula, mientras que en las posiciones intermedias y cercanas al cambium hay una tendencia a la disminución a medida que aumenta la altura.

Referencias bibliográficas.

AKACHUKU, A. & J. BURLEY. Variation of wood anatomy of *Gmelina aoborea* Roxb. in Nigerian plantation. *IAWA Bull.* 14: 94-99.

ARROYO, J. 2003. *Propiedades físico-mecánicas de la madera*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Departamento de Publicaciones. Mérida. 158 p.

BAILLARES H., B. CHANSON & M. FOURNIER-DJIMBIL. S/f. *Plantaciones de árboles de crecimiento rápido y calidad de productos forestales en los trópicos*. http://www.fao.org/forestry/docrep/wfcxi/publi/PDF/V3S_T12.PDF (Noviembre 15, 2010).

BUTTERFIELD, R., R. CROOK & R. MORRIS.1993. Radial variation in wood specific gravity, fibre length and vessel, area for two central american hardwoods: *Hieronyma alchorneoides* and *Vochysia guatemalensis*: Natural and plantation-grown tree. *IAWA J.* 14: 153 - 161

CHUDNOFF, M. 1984. *Tropical timbers of the world*. United States Department of Agriculture. Forest Service. Handbook N° 607. Madison. 464 p.

DETIENNE, P. & E. PAQUIS. 1989. *Tentative de délimitation du bois juvénile dans 3 eucalyptus hybrides du Congo*. Document interne CTFT, Laboratoire d'anatomie des bois. Disponibleau CIRAD Forêt Montpellier.

FALCON, J. & M. SUAREZ. 1990. *Análisis morfológico y determinación de densidad de Gmelina arborea, de 3, 4, 5, 6 y 7 años de edad provenientes de plantaciones*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Ingeniería Forestal., Mérida Venezuela. 65 p (Trabajo Especial de Grado).

GIMÉNEZ, A. & R. LÓPEZ. 2002. Variación longitudinal de los elementos del leño en *Schinopsis quebracho colorado* (Schelcht) Barkl. El Meyer. Anacardiaceae. *Madera y Bosques* 82: 27-38.

GONZALES, R., M. PLONZACK & J. STOCK. 2004. Plantaciones forestales e industrias asociadas en Venezuela. Aspectos socioeconómicos. *Rev. Forest. Venez*. 48: 111-117.

GONZALEZ, F. & S. RAMOS. 1996. *Estudio de pulpeo químico y semi-químico en Gmelina arborea*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambintales. Escuela de Ingeniería Forestal., Mérida Venezuela. 77 p (Trabajo Especial de Grado).

IAWA COMMITE. 1989. IAWA List of Microscopic Features for Hardwood Identification. *IAWA Bull*. 10: 21-32.

IPT. 1981. *Tecnología de fabricação de pasta celulósica*. SENAI. Departamento regional de São Paulo. Brasil. Vol 1: 27-31.

LEON, W. 2009. Anatomía de maderas e identificación de 11 especies de Polygonaceae en Venezuela. *Pittieria* 33: 7-32.

LEON, W. 2005. Cavidades intrusivas en fibras y parénquima de *Gmelina arborea* (Verbenaceae). *Rev. Forest. Venez*. 49: 91-96.

LEON, W. & N. ESPINOZA. 1999. Variabilidad de la madera de *Cordia thaisiana* (BORAGINACEAE) en sentido longitudinal. *Rev. Forest. Venez*. 43: 33-41.

LEON, W. & N. ESPINOZA. 1998. Variabilidad de la madera de *Cordia thaisiana* (BORAGINACEAE) en sentido transversal. *Rev. Forest. Venez*. 42: 15-23.

LEON, W. & M. QUINTERO. 2007. Variabilidad de los vasos en *Gmelina arborea* Roxb. (Verbenaceae) proveniente de plantaciones del estado Portuguesa (Venezuela). *Rev. Forest. Venez*. 51: 97-113.

QUILHO.T., I. MIRANDA & H. PEREIRA. 2006. Within-tree variation in wood fibre biometry and basic density of urograndis eucalypt hibrid *(Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*). *IAWA J.* 27: 243-254.

MOGLIA, J. & C. LÓPEZ. 2001. Variabilidad radial de algunos caracteres anatómicos de *Aspidosperma quebracho blanco*. *Bosque* 22: 3-14.

MOYA, R. 2005. *Variaçao da anatomia e da densidad básica da madeira de Gmelina arborea (Roxb.), em diferentes condicoes de clima e de manejo na Costa Rica*. Universidade de Sao Paulo. Piracicaba. 181 p. (Tesis de doctorado).

MOYA, R., A. BERROCAL, R. SERRANO & F. TOMAZELLO. 2009. Variación radial de la anatomia, densidad y durabilidad de la madera de teca (*Tectona grandis*) procedente de dos calidades de sitios y dos regiones climáticas de Costa Rica. *Investigacion Agraria: Sistemas y Recursos Forestales.*18: 119-131.

MOYA, R. & M. TOMAZELLO. 2008. Variation in the wood anatomical structure of *Gmelina arborea* (Verbenaceae) trees at different ecological conditions in Costa Rica. *Rev. Biol. Trop*. 56: 689-704.

MOYA, R. & M. TOMAZELLO. 2007. Wood density and fiber dimensions of *Gmelina arborea* in fast growth trees in Costa Rica: relation to the growth rate. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales.* 16: 267-276.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2010. *A lenguage and enviroment for estatical*

computing. R Foundation for Statical Computing, Viena, Austria. HTTP://www.R-project.org.

SEFORVEN. 1992. *Melina*. Servicio Autónomo Forestal Venezolano. Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales Renovables. Serie Autoecología de especies. Cartilla N° 4. Caracas.

WILKENS, J. 1988. Variations in wood anatomy within species of *Eucalyptus*. *IAWA Bull.* 9: 13-23.

ZOBEL, B. & P. VAN BUIJTENEN. 1989. *Wood Variation: Its Causes and Control*. Springer Verlag. New York. 363 p.